

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-269108

(43)Date of publication of application : 29.09.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/02
H01L 21/205

(21)Application number : 11-068903

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 15.03.1999

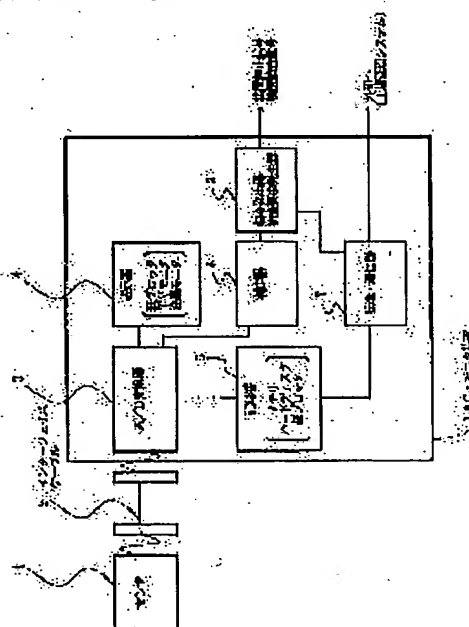
(72)Inventor : TAMAKI MAKOTO

(54) MANAGEMENT SYSTEM OF SEMICONDUCTOR MANUFACTURING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a management system capable of analyzing the cause of outbreak of failures, while stably operating a semiconductor manufacturing line.

SOLUTION: A sensor 1 is provided in each of manufacturing apparatus in a semiconductor production line and collects management information at all times. The collected management information as time series measurement pattern is compared with a pre-registered set value pattern in a deciding device 6. Consequently, if the deviation in the measurement pattern from the set value pattern is detected from the result in the deciding device 6, an instruction generator 8 indicates the occurrence of the abnormality, and instructs adjustment in the sequence of the production apparatus, so as to cancel the deviation of the measurement pattern from the set value pattern.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体の製造工程ラインに設けられた製造装置から管理情報を常時収集するセンサと、
該センサによって収集された管理情報を時系列の測定値パターンとして監視するとともに、該測定値パターンと該管理情報に応じて予め登録されている設定値パターンとを比較する監視手段と、
該監視手段での比較の結果、該測定値パターンの該設定値パターンからの逸脱が検出された場合、異常の発生を提示する警報手段とを備えていることを特徴とする半導体製造装置の管理システム。

【請求項2】上記監視手段は、上記の測定値パターンと設定値パターンとを、上記製造装置のある定常状態から次の定常状態へ遷移する期間について比較することを特徴とする請求項1記載の半導体製造装置の管理システム。

【請求項3】上記監視手段の比較結果に基づいて、不良の生じた製造不良品を上記製造工程ライン上で特定する製造不良品特定手段を備えていることを特徴とする請求項1または2記載の半導体製造装置の管理システム。

【請求項4】上記監視手段の比較結果に基づいて、上記測定値パターンの上記設定値パターンからの逸脱を解消するように、上記製造装置のシーケンスの調整を指令する指令発生手段を備えていることを特徴とする請求項1から3の何れかに記載の半導体製造装置の管理システム。

【請求項5】上記監視手段の比較結果に基づいて、上記設定値パターンの不安定を検出するとともに、不安定要因の候補を提示する不安定要因提示手段を備えていることを特徴とする請求項1から4の何れかに記載の半導体製造装置の管理システム。

【請求項6】上記監視手段の比較結果に基づいて、上記測定値パターンの経時変化を検出して、上記製造装置の劣化を予測し、該製造装置のメンテナンスの警報を提示するメンテナンス警報提示手段を備えていることを特徴とする請求項1から5の何れかに記載の半導体製造装置の管理システム。

【請求項7】上記監視手段の比較結果に基づいて、上記製造装置を含む上記製造工程ラインを制御する製造工程ライン管理手段を備えていることを特徴とする請求項1から6の何れかに記載の半導体製造装置の管理システム。

【請求項8】上記監視手段の比較結果に基づいて、状態が安定してから次のシーケンスまでのシーケンス待ち時間を算出し、上記製造装置のシーケンスの調整を指令する第2指令発生手段を備えていることを特徴とする請求項1から7の何れかに記載の半導体製造装置の管理システム。

【請求項9】上記製造装置は、液晶基板製造工程ラインにおける化学的気相成長法成膜装置であり、上記センサ

として高周波電力進行波センサと、ガス流量センサと、成膜室圧力センサとが設けられていることを特徴とする請求項1から8の何れかに記載の半導体製造装置の管理システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶基板等の半導体を製造する工程ラインにおける半導体製造装置の管理システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶基板等の半導体を製造する工程ラインでは、工程管理および品質管理が良品率を向上させる上で重要である。そのため、工程ラインで不良が発生した時には、原因解明に必要なデータを収集しなければならない。

【0003】従来、半導体の製造工程ラインにおいては、複数工程ごとに検査工程を設け、不良を検知した場合は、その検査工程よりも上流にあるすべての工程を調査解析して、不良を解決していた。具体的には、不良発生までの工程の履歴である処理時間、処理装置、処理チャンバ、装置警報等の記録、時間的に前後の基板の状況、品質管理データ、装置管理データ、生産作業員への聞き取り調査、メンテナンスによる目視確認などにより調査していた。そして、調査結果に基づいて再現実験を行うことにより、不良の発生原因を解析していた。

【0004】しかし、突発的に発生した不良の原因を解明することは困難である。なぜならば、突発的な不良には再現性がなく、同じ条件で再現実験を行っても、不良の再現する確率が小さいからである。

【0005】そこで、従来の半導体の製造工程ラインにおいては、突発的な不良に備えて、プラズマ目視確認、信号確認、状況確認、ロボット動作確認、音響確認、イベントリスト確認、処理後基板目視確認（成膜後確認）などを行うために、技術者が製造装置を常時監視している必要があった。そして、不良が発生した時には、製造装置を調整するのか、製造装置を停止させて分解・メンテナンスするのかを、技術者の経験に基づいて判断し、突発的な不良の発生率を低下させていた。

【0006】なお、本発明とは属する技術分野が異なるが、次のような公開特許公報がある。

【0007】公開特許公報「特開平6-89285号公報（公開日平成6年3月29日）」には、スピンドルモータの製造工程ラインにおいて、検査工程に不良項目に応じた入力スイッチを設け、コンピュータネットワークにてリアルタイムに集計する工程管理システムが記載されている。しかしながら、上記工程管理システムは、不良項目に分類集計するだけであり、不良の発生原因および発生工程を解明することができない。また、検査工程まで製造品の不良判定ができないため、リアルタイム処理には適用できない。

【0008】公開特許公報「特開平7-152789号公報（公開日平成7年6月16日）」には、鉄鋼プラントの製造工程ラインにおいて、監視員の技量に頼ることなく、製造装置の状態を異常時を想定した時系列パターンと比較し、時系列パターンが合致した時に設備異常を報告するプラント解析設備診断システムが記載されている。そして、上記プラント解析設備診断システムは、操業ダウンに至る危険を予測し、予防保全を行うことができる。しかし、上記プラント解析設備診断システムは、操業ダウンを防ぐだけであり、正常動作の確認、正常品質の維持管理、異常発生の原因解明を、監視員の技量および試験運転からのデータに頼っている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の半導体製造装置の管理方法では、突発的な不良の発生原因を解明することができないという問題を有していた。すなわち、従来、液晶基板等の半導体製造工程ラインにおいては、連続的な制御信号を把握していなかったため、突発的な不良の原因を解明できなかった。また、製造装置にて設定シーケンスと測定シーケンスとのシーケンス確認の照合を行っておらず、あるいは照合が不完全であったため、品質のばらつきや突発不良が発生していた。そして、上述のように、技術者の経験に基づいて、製造装置の調整あるいはメンテナンスにより、突発的な不良の発生率を低下させていたが、発生率が低下した理由についても不明のままであった。

【0010】従来、この問題に対しては、採用した手法を用いて結果を調査して、結果論から手法の正当性を論じてきた。すなわち、類似した過去の異常事象への対応（経験）から手法を展開し、その結果が芳しくなければ、試行錯誤によって試験を行うことにより、対応していた。

【0011】本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、工程ラインを安定して稼働させるとともに、突発的な不良の原因を解明することができる半導体製造装置の管理システムを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、半導体の製造工程ラインに設けられた製造装置から管理情報を常時収集するセンサと、該センサによって収集された管理情報を時系列の測定値パターンとして監視するとともに、該測定値パターンと該管理情報に応じて予め登録されている設定値パターンとを比較する監視手段と、該監視手段での比較の結果、該測定値パターンの該設定値パターンからの逸脱が検出された場合、異常の発生を提示する警報手段とを備えていることを特徴としている。

【0013】上記の構成により、半導体の製造工程ライ

ンにおいて、製造装置および製造状態を確認するために、温度、湿度、濃度、圧力、ガス流量、電力、シーケンス電気信号、機械的電氣的指示値などの管理情報を検出するセンサを各製造装置に設けて、各種波形データを常時計測する。

【0014】そして、監視手段にて、得られた測定値パターンの波形データと、管理情報に応じて予め登録されている設定値パターンの波形データとを比較する。具体的には、制御開始時点を確認し、測定値パターンと設定値パターンとを比較して、測定値パターンの設定値パターンからの逸脱が検出された場合、警報手段が該当する管理項目を報告する。

【0015】このように、上記半導体製造装置の管理システムでは、センサの測定値を時系列の波形データとして常時監視することから、突発的な不良に対して、発生の確認、発生原因、発生時刻、他の要因との関係性、発生確率、発生条件の分布などをデータに基づいて推測することができる。よって、突発的な不良にも、原因を即座に解明して対処することができる。

【0016】例えば、製造装置に異常が発生した場合、警報手段の出力に基づいて装置停止信号を製造装置へ出力して、製造装置を停止することもできる。このとき、センサデータのグラフとともに、異常の発生原因の候補を確率の降順に作業員に提示することもできる。あわせて、調査方法や確認方法を作業員に提示することもできる。

【0017】すなわち、上記半導体製造装置の管理システムでは、製造装置を停止・変更するだけでなく、異常の発生原因として高確率で推測される要因から順に確認試験を行って、発生原因を解明することができる。ゆえに、突発的な不良への対処方法を効率的に選択することができる。

【0018】したがって、製造装置のセンサデータを用いて、効率的に低コスト生産への解析手法を提示できるため、製造装置に原因を除去する調整・改良を施せば、製造工程ラインの安定稼働が可能となり、高歩留まりを達成できる。

【0019】請求項2の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、請求項1の構成に加えて、上記監視手段は、上記の測定値パターンと設定値パターンとを、上記製造装置のある定常状態から次の定常状態へ遷移する期間について比較することを特徴としている。

【0020】上記の構成により、請求項1の構成による作用に加えて、製造装置のセンサ信号の測定値パターンを、製造装置のある定常状態から次の定常状態へ遷移する期間（信号波形の立ち上げあるいは立ち下げの期間）について比較する。

【0021】これにより、同時刻に変化すべき二つの管理項目が、実際には前後して変化している等の制御シー

ケンスのばらつきを捕らえることができる。

【0022】請求項3の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、請求項1または2の構成に加えて、上記監視手段の比較結果に基づいて、不良の生じた製造不良品を上記製造工程ライン上で特定する製造不良品特定手段を備えていることを特徴としている。

【0023】上記の構成により、請求項1または2の構成による作用に加えて、監視手段の比較結果に基づいて、製造不良品特定手段によって製造工程ライン上にある製造不良品をリアルタイムで特定し、除去することができる。

【0024】よって、上記半導体製造装置の管理システムは製造不良品を下流の工程に流さないため、従来のように、検査工程までは製造不良品にも通常の製造処理が施されて、洗浄水、薬液、ガス、電力、圧縮空気などの資源を浪費することを防止でき、生産コストを低減することが可能となる。

【0025】なお、このように、上記半導体製造装置の管理システムでは、製造工程ライン上にある基板の枚数管理が行えるため、工場管理システムで枚数ごとの品質管理、装置管理、メンテナンス管理、不良解析管理等が行える。

【0026】請求項4の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、請求項1から3の何れかの構成に加えて、上記監視手段の比較結果に基づいて、上記測定値パターンの上記設定値パターンからの逸脱を解消するように、上記製造装置のシーケンスの調整を指令する指令発生手段を備えていることを特徴としている。

【0027】上記の構成により、請求項1から3の何れかの構成による作用に加えて、監視手段の比較結果に基づき、品質の安定を確保した上で、生産量を最大にするようにシーケンスタイミングを設定することができる。そして、指令発生手段の指令に基づいて、製造装置のシーケンスを最適な設定値に変更することにより、製造装置によるばらつきを抑え、製品品質を向上させることができる。

【0028】特に、信号波形の立ち上げから立ち下げまでを管理してシーケンス設定を行うことにより、製造装置の不安定要因であるシーケンスのばらつきを容易に検出することができる。

【0029】請求項5の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、請求項1から4の何れかの構成に加えて、上記監視手段の比較結果に基づいて、上記設定値パターンの不安定を検出するとともに、不安定要因の候補を提示する不安定要因提示手段を備えていることを特徴としている。

【0030】上記の構成により、請求項1から4の何れかの構成による作用に加えて、監視手段において、測定

値パターンと設定値パターンとを時系列のデータとして比較した結果に基づき、不安定要因提示手段で製造条件が設定値通りに安定しているのか、変動しているのかを判定する。すなわち、不安定要因提示手段では、製造装置の不安定要因ならびに不安定要因を検出して、検出結果から、異常の発生を予測をする。

【0031】上記半導体製造装置の管理システムでは、常時データを取り続けることで、製造装置の安定度、変動度がデータにより確認できる。すなわち、どの要因が安定で、どの要因が不安定なのかを識別して、不安定要因を絞り込み、製造装置の調整、改造を行うことによって、製造装置の安定した稼動を維持することが可能となる。

【0032】なお、製造装置の制御状態が安定しているにもかかわらず、製品品質がばらつく場合には、センサを追加してモニタする要素を増やすことができる。

【0033】請求項6の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、請求項1から5の何れかの構成に加えて、上記監視手段の比較結果に基づいて、上記測定値パターンの経時変化を検出して、上記製造装置の劣化を予測し、該製造装置のメンテナンスの警報を提示するメンテナンス警報提示手段を備えていることを特徴としている。

【0034】上記の構成により、請求項1から5の何れかの構成による作用に加えて、製造装置のセンサデータを監視して、製造前後ならびに製造中のプロセス状態を監視し、メンテナンス警報提示手段にて製造装置および部品の最適メンテナンス時期を予測することにより、メンテナンス費用を低減して、低コスト化を図ることができる。

【0035】すなわち、上記半導体製造装置の管理システムでは、効率的に常時センサデータを取り続け、比較することにより、製造装置の経時変化による測定値の変動を把握し、報告することができる。経時変化データに基づいて、傾向変動、循環変動を確認することにより、製造装置の部材の劣化を発見して、メンテナンス箇所や時期を確定し、最適効率の周期でメンテナンスを行うように警告を発することができる。

【0036】さらに、製造装置において自己試験を行い、報告させることもできる。すなわち、所定の時点（ある決められた時間、あるいは、決められた期間に決められた回数分）に、製造装置の自己試験を行い、測定データと経時変化データとを報告させて、メンテナンス時期を予測して、警告することもできる。

【0037】請求項7の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、請求項1から6の何れかの構成に加えて、上記監視手段の比較結果に基づいて、上記製造装置を含む上記製造工程ラインを制御する製造工程ライン管理手段を備えていることを特徴としている。

【0038】上記の構成により、請求項1から6の何れかの構成による作用に加えて、製造工程ライン管理手段により、製造工程ラインに設けられた製造装置のセンサからのデータを管理し、製造工程ラインのプロセス状態を監視し、不良発生時に、異常が発生した製造装置の停止や他の製造装置との調整等を行って、製造工程ラインの安定稼働を維持するように管理することができる。

【0039】請求項8の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、請求項1から7の何れかの構成に加えて、上記監視手段の比較結果に基づいて、状態が安定してから次のシーケンスまでのシーケンス待ち時間を算出し、上記製造装置のシーケンスの調整を指令する第2指令発生手段を備えていることを特徴としている。

【0040】上記の構成により、請求項1から7の何れかの構成による作用に加えて、第2指令発生手段によって、監視手段で監視しているプロセス状態が安定してから次のシーケンスまでの時間を冗長時間として測定し、冗長時間を短縮するようにシーケンスを変更する指令を発する。これにより、シーケンス間の冗長時間を短縮することができる。ゆえに、上記半導体製造装置の管理システムでは、製造工程ラインの安定稼働を保証した上で、高効率な生産シーケンスに到達することが可能となるため、生産効率を向上させることができる。

【0041】この点、従来は、理論的シーケンス短縮について検討を行い、実験データにより生産性向上を確認しなければならなかった。これに対して、上記半導体製造装置の管理システムでは、上記第2指令発生手段を備えることにより、常時データを取り、安定状態のデータからシーケンス時間短縮の裏付けが得られることから、生産性の向上に即座に対応することが可能となる。

【0042】請求項9の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、請求項1から8の何れかの構成に加えて、上記製造装置は、液晶基板製造工程ラインにおける化学的気相成長法成膜装置であり、上記センサとして高周波電力進行波センサと、ガス流量センサと、成膜室圧力センサとが設けられていることを特徴としている。

【0043】上記の構成により、請求項1から8の何れかの構成による作用に加えて、液晶基板製造工程ラインにおける化学的気相成長法成膜装置を電氣的制御波形信号によってモニタする場合、立ち下げ時の波形データを監視するには、センサとして高周波RF電力進行波センサ、ガス流量センサ、成膜室圧力センサを設けるだけで十分である。

【0044】

【発明の実施の形態】〔実施の形態1〕本発明の一実施の形態について図1から図9に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0045】本実施の形態に係る半導体製造装置の管理

システムは、複数のセンサデータを単数もしくは複数のモニタ装置にてデータを連続的に捕らえるモニタシステムである。なお、以下では、複数の処理設備を接続して一貫した処理を可能にしたインラインシステムである、液晶基板の製造装置の管理システムを例として説明するが、本発明は他の手法のシステムであっても適用可能である。

【0046】本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムで行われる管理方法は、特に、製造装置等のセンサデータを用いて、インラインモニタ技術から効率的に低コスト生産への解析手法を提示する製造方法であり、品質管理・工程ライン運用・メンテナンス運用・装置管理等のためのプロセス状態モニタ方法である。そして、上記半導体製造装置の管理システムで行われる管理方法の概略は、以下のとおりである。

【0047】①製造装置にセンサを配設し、常時データを取り続ける。理論的には製造条件が同じであれば、同じ品質の製品が製造されるはずである。そこで、不良の発生原因である製造条件のばらつきが、製造装置の制御のばらつきによるものであると推測して、製造装置および製造条件を常時監視する。

②時系列のデータを比較する。製造条件が安定しているのか、変動しているのかを調査する。また、変動がランダムか正規分布か、あるいは変動の特徴は何かを調査する。そして、調査結果から、異常の発生の予測をする。

③突発的な不良が発生した時、発生時の状況を調査して変動した要素を検出する。

④製造装置の制御状態が安定しているにもかかわらず、製品品質がばらつく時はセンサを追加してモニタする要素を増やす。

⑤不良の発生原因が制御状態ではなく、製造装置内部（例えば、成膜室内）の環境状態が変化したと考えられる場合、反応室内の状況をモニタする手法に切り替える。

【0048】1. システム形態

図4に示すように、本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムは、製造工程データを管理するために、ネットワークとして構成されている。

【0049】上記半導体製造装置の管理システムは、製造装置9と、モニタ装置10と、通信切替機12と、管理計算機（製造工程ライン管理手段）13と、データ記録機15と、管理計算予備機14と、データ記録予備機16と、表示端末17とが、ネットワークケーブル11によって、ネットワーク接続されている。

【0050】なお、管理計算予備機14およびデータ記録予備機16は、管理計算機13およびデータ記録機15の予備であり、管理システムの安定稼働のために設置することが望ましい。

【0051】液晶基板の製造工程ラインに配される上記製造装置9には、洗浄装置、スパッタ装置、CVD（ch

emical vapor deposition) 装置、露光装置、ウェットエッチング装置、ドライエッチング装置、電解メッキ装置、陽極酸化装置、イオン注入装置、アニール装置、真空蒸着装置などがある。

【0052】ここで、製造装置群TGcの製造装置9は集中管理方式の端末であり、各製造装置9が管理計算機13に直接ネットワーク接続されている。これに対して、製造装置群TGdの製造装置9は分散管理方式の端末であり、各製造装置9はそれぞれモニタ装置10に接続され、モニタ装置10を介して管理計算機13にネットワーク接続されている。

【0053】このように、上記半導体製造装置の管理システムは、管轄下の製造装置9の製造工程データを、上記管理計算機13によって集中管理方式あるいは分散管理方式により管理している。

【0054】まず、集中管理方式について説明する。上記の製造装置群TGcの製造装置9は、常時監視の管理能力を持たない製造装置9の全データを管理計算機13に転送して、管理計算機13において良品判定が管理される。そして、管理計算機13が、データの保管、良品判定結果の保管および判断を行い、現状表示、警告表示、装置停止命令などを行う。

【0055】すなわち、集中管理方式では、各製造装置9のデータが、工場全体の製造工程を管理する集中管理システム、あるいは工場内の複数ある工程の中の一つを管理する集中管理システムへ転送される。そして、集中管理システム(管理計算機13)では、データの整合性を解析し、良品不良品の判断を行う。このように、集中管理方式では、各製造装置9での良品判定を、製造装置9を管理している工場システムにおいてリアルタイムに管理することができる。

【0056】これに対して、上記の製造装置群TGdの製造装置9は、各製造装置9にそれぞれモニタ装置10を接続して、常時監視の管理能力を持たせることにより、各モニタ装置10がそれぞれ製造装置9の良品判定を行うとともに、現状表示、警告表示を行い、良品判定の結果もしくは全データを管理計算機13に転送する。このとき、良品判定の結果だけを管理計算機13へ転送するのであれば、転送データの量が非常に少ないため、管理システムは通信による負荷を低減できる。

【0057】すなわち、分散管理方式では、良品不良品の管理を分散的に処理し、判定結果を工場システムへ転送する方式である。なお、工場システムの代わりに、生産中のデータを管理モニタするシステムへ転送することもできる。

【0058】このように、上記半導体製造装置の管理システムは、製造中のデータを常時集中管理もしくは常時分散管理することによって、不良の発生した基板を特定することができる。

【0059】つづいて、上記モニタ装置10の詳細な構

成について、図1から図3を用いて説明する。

【0060】図1に示すように、本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムは、モニタ装置10A(モニタ装置10)は、製造装置9に設けられたセンサ1とインターフェイスケーブル2を介して接続されている。上記モニタ装置10Aは、A/D変換器(アナログ/デジタル変換器)3と、表示器4と、記録器5とを備えて構成されている。なお、上記モニタ装置10Aは、簡易型のモニタシステムである。

【0061】上記A/D変換器3は、センサ1からインターフェイスケーブル2を介して入力されるデータ信号であるアナログ信号をデジタル信号に変換する。上記表示器4は、A/D変換器3からのデジタル信号を波形データに変換して表示するための、紙プロット、TVモニタ、液晶モニタ等である。上記記録器5は、A/D変換器3からのデジタル信号を記録するための、メモリ、ハードディスク、紙プロット等である。

【0062】図2に示すように、本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムは、上記のモニタ装置10Aの代わりに、モニタ装置10Bを用いることもできる。なお、上記モニタ装置10Bは、分散処理のため波形比較に基づく判断機能を追加するとともに、ネットワーク化のため通信機能を追加したモニタシステムである。

【0063】上記モニタ装置10Bは、上記モニタ装置10Aの構成に加えて、波形比較のための判定器(監視手段)6および情報転送のための転送・通信器7を具備している。ここで、製造装置9に設けられたセンサ1によって常時収集され、インターフェイスケーブル2を介してモニタ装置10Bに入力された管理情報のデータは、A/D変換器3によりデジタル信号に変換される。このデジタル信号は、表示器4で表示され、記録器5で記録されるとともに、時系列の測定値パターンとして判定器6で設定値パターンと比較される。そして、判定器6での比較の結果は、転送・通信器7から外部の工場管理システムである管理計算機13へ転送される。つまり、管理計算機13は、転送・通信器7から転送されるセンサ1の測定データ(記録器5に記録されていた測定データ)および判定器6での比較結果に基づいて、製造装置9および製造工程ラインを管理・制御している。

【0064】図3に示すように、本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムは、上記のモニタ装置10Aあるいはモニタ装置10Bの代わりに、モニタ装置10Cを用いることもできる。モニタ装置10Cは、上記モニタ装置10Bの構成に加えて、製造装置9の停止を指令する装置停止信号、あるいは製造装置9の検査を指令する装置検査信号などを発生する指令発生器(警報手段、製造不良品特定手段、指令発生手段、不安定要因提示手段、メンテナンス警報提示手段、第2指令発生手

段) 8 を具備している。上記判定器 6 での比較の結果は、転送・通信器 7 に加えて、指令発生器 8 へ転送される。そして、上記指令発生器 8 は、判定器 6 での比較結果に基づいて、装置停止信号や装置検査信号を発生して、製造装置 9 へ出力する。

【0065】なお、上記モニタ装置 10 C は、指令発生器 8 から検査要求を発生することにより、製造装置 9 に自己検査を行わせることができるモニタシステムである。また、指令発生器 8 は、モニタ装置 10 C の通信機能(転送・通信器 7)によって代用することもできる。さらに、集中管理方式の製造装置 9 (製造装置群 T G c) では、モニタ装置 10 C の機能が、管理計算機 13 に具備されている。

【0066】なお、以下では、モニタ装置 10 A、10 B、10 C を、モニタ装置 10 と総称する。

【0067】2. データ確認方法つぎに、本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムによるデータ確認方法について説明する。

【0068】上記のモニタ装置 10 では、データをグラフ化して重ねあわせることにより、波形のシーケンス、安定性、経時変化のトレンドなどを確認することができる。すなわち、製造装置 9 はレシピ(処理手順・生産手順)に基づいて制御されているが、波形のシーケンスがレシピに合致した様子を示しているかを確認することができる。

【0069】図 5 は、製造装置 9 のシーケンス制御を説明するグラフである。図 5 に示すレシピの内容は、「第 0 秒から工程が始まり、第 10 秒に N_2 ガスの流入を開始して、第 20 秒までに圧力を成膜圧力に安定させ、成膜温度の安定を確認し、第 30 秒に成膜ガスを流入し、第 35 秒に R F (高周波) 放電にてプラズマを発生させ、成膜を開始する。」である。

【0070】このとき、図 5 のグラフから、第 10 秒に N_2 ガスの導入が開始されているか否か、第 20 秒までに圧力が安定しているか否かを確認できる。具体的な判断は、時間と順序とに基づいて行うことができる。

【0071】また、波形の安定性とは、成膜工程(プラズマ発生中)において、圧力 (S_p)、 N_2 ガス流量 (S_n)、成膜ガス流量 (S_f)、R F 電力 (S_e)、成膜温度 (S_t) の各データが安定した値を維持しているか否かを意味している。

【0072】3. 管理情報の報告方法
つぎに、本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムによる管理情報の報告方法について説明する。

【0073】管理情報は多様な目的に利用することができる。したがって、管理情報の利用目的に応じて、報告の内容および方法を選択することができる。

【0074】〔1〕測定値が許容範囲を超えた場合に警報を発する

最も簡易な方法として、設定された許容範囲を超えた測

定値が観測された場合に警報を発することができる(図 6)。具体的には、管理要素を常時監視しておき、測定値が許容範囲を超えたときに、発生時間、発生項目、測定値などを報告する。ただし、測定値が許容範囲を超えた原因を特定することはできない。

【0075】なお、この方法は、従来より現場では最も多用されている。ただし、従来の方法においては、測定値を上限值・下限値の設定値と比較することにより、図 16 に示すような管理図を作成して報告していた。

【0076】〔2〕理論的シーケンスの波形と比較して、逸脱項目を検出する

理論的シーケンス波形を登録しておき、測定値の波形と比較することができる。具体的には、制御開始時点を確認し、理論的シーケンス波形と測定波形とを比較することにより、理論的シーケンス波形から逸脱する測定波形、すなわち逸脱する項目を検出して報告する。

【0077】例えば、ガス流入開始時間がゲートバルブ開閉より 30 秒後に設定されているにもかかわらず(図 7 (a))、ガス流入がゲートバルブ開閉より 40 秒後に開始したのであれば(図 7 (b))、ガス流量の波形の逸脱を検出して報告することができる。同様に、ガス流量を 100 s c c m (standard cc/min) に設定したにもかかわらず(図 8 (a))、ガスが 1 秒間だけ 120 s c c m 流入したのであれば(図 8 (b))、ガス流量の波形の逸脱を検出して報告することができる。なお、大気圧 (1013 h P a)、0℃ (あるいは 25℃) の一定温度で、1 c c の体積を 1 分間に流れる流量を 1 s c c m とする。

【0078】〔3〕データの比較により経時変化を検出する

製造工程の状況は経時的に変化している。よって、その変化を見つけ、メンテナンス時期を早期に割り出すため、現場では装置稼働状態での状況判断を重要視している。

【0079】そこで、従来の製造工程においては、ポンプの排気音、排気速度、冷却水の色、プロペラファンの回転状態、ガス供給圧力、排気部圧力、モータの駆動音、振動状態、プラズマの発光状態などを人間の五感によって管理している。すなわち、メンテナンス時の成膜室内部の反応生成物付着や部品の劣化状況、排気管内部の生成物付着などを目視することにより、装置の状況を推測して部品交換を行ってきた。もちろん、数値管理できる項目に関しては、生産要員による管理が行われていた。

【0080】しかし、これらのデータだけでは、均一な面内分布で、決められた膜質および膜厚に成膜することは困難である。なぜならば、薄膜成長速度が変化するからである。なお、薄膜成長速度が変化する理由は不明である。

【0081】この点、従来は、薄膜成長速度を測定して

製造装置にフィードバックし、反応時間を制御することで、膜厚を制御していた。そして、面内膜厚分布の変動は重大な品質問題を引き起こすため、面内膜厚分布の変動の前後についてデータを比較して、変動要因を推測し、メンテナンス作業を繰り返すことが現実的な対応策であった。

【0082】そこで、上記の半導体製造装置の管理システムでは、センサデータを比較することにより製造装置9の経時変化による測定値の変動を把握し、報告することができる。例えば、RF電力が1000Wに設定されているにもかかわらず（図9（a））、1週間ごとの測定データが1000W、1005W、1010W、1015W、1020Wと変化した場合には（図9（b））、データの経時変化が検出されるため、電力制御器の異常、電力損失を発生している部品の発生、反応室の状況変化などを異常原因として報告することができる。

【0083】〔4〕製造装置において自己試験を行い、報告させる

上記〔3〕において説明した経時変化の確認方法を発展させることにより、製造装置9において自己試験を行い、報告させることができる。具体的には、所定の時点（ある決められた時間、あるいは、決められた期間に決められた回数分）に、製造装置9の自己試験を行い、測定データと経時変化データとを報告させて、メンテナンス時期を警告することができる。

【0084】例えば、毎日10時に、あるいは毎日0時から8時の間に1回、製造装置9において自己試験を行う。自己試験の対象は、到達真空度、排気速度、ガス放出速度、ガス流量などである。そして、自己試験により蓄積された時系列のデータに基づいて、製造装置9の経時変化を検出することにより、製造装置9の診断を行い、測定データの変動要因を確定する。すなわち、排気速度が低下したならば、リーク箇所の発生、もしくはポンプ排気能力の低下が原因として考えられるため、メンテナンス箇所や時期を確定して、メンテナンスを行うように警告を発することができる。

【0085】4．管理情報から生産管理への運用方法
つぎに、本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムによる管理情報から生産管理への運用方法について説明する。

【0086】上述のように得られた管理情報から、次の5種類の生産管理を行うことができる。

【0087】〔1〕不良品の管理を行う

製造工程データの異常を検出することによって、製造不良品を管理することができる。すなわち、上述したように、上記半導体製造装置の管理システムは、製造中のデータを常時集中管理（製造装置群T G c）もしくは常時分散管理（製造装置群T G d）できるように構成されている（図4）。これにより、不良の発生した基板を特定

することができる。

【0088】〔2〕突発的な不良の発生原因を解明する
製造装置9を常時監視することから、突発的な不良に対して、発生の確認、発生原因、発生時刻、他の要因との関係性、発生確率、発生条件の分布などをデータに基づいて推測することができる。ゆえに、突発的な不良の発生原因として高確率で推測される要因から順に確認試験を行って、発生原因を解明することができる。よって、突発的な不良への対処方法を効率的に選択することができる。

【0089】〔3〕メンテナンス時期を予測する
製造装置9を常時監視を続け、得られたデータに基づいて、製造装置9の状態の経時変化を管理計算機13に追跡させることにより、工場内の製造装置9のメンテナンス時期を予測することができる。

【0090】〔4〕不良発生が連続もしくは多発する場合、製造装置を停止・変更する
製造装置9を常時監視を続けて得られたデータに基づいて、不良発生が連続もしくは多発していると判断された場合、不良による損失を抑えるために、管理計算機13から製造装置9へ装置停止信号を出力して、製造装置9を停止することができる。このとき、データグラフとともに不良発生原因の候補を確率の降順に作業員に提示することができる。あわせて、調査方法や確認方法を作業員に提示することもできる。

【0091】このように、製造装置9を停止・変更するだけでなく、確率により、不良発生原因を絞り込み、対処方法とともに作業員に提示することができる。

【0092】〔5〕冗長時間を短縮する
生産中のデータに基づいて、プロセス状態が安定してから次のシーケンスまでの時間を冗長時間として測定し、製造装置9のシーケンス変更して冗長時間を短縮するように指令を発することによって、冗長時間を短縮することができる。よって、生産効率を向上させることが可能となる。

【0093】ここで、図15を用いて、冗長時間の短縮について、具体的に説明する。成膜室圧力は N_2 ガスの流入から最大8.8秒後に安定状態に達している。その後、 SiH_4 ガス流入までの約10秒間は成膜室圧力が安定状態を維持するため、この約10秒間は冗長時間として短縮することができる。また、成膜室圧力は SiH_4 ガスの流入から最大2秒後に安定状態に達している。その後、RFパワー開始までの約25秒間は成膜室圧力が安定状態を維持するため、この約25秒間は冗長時間として短縮することができる。すなわち、図15に示すシーケンスは、 N_2 ガスの流入から8.8秒後に SiH_4 ガスの流入を行い、その2秒後にRFパワー開始を行うことで、約28秒間の冗長時間を短縮することができる。

【0094】5．データから原因追求への推測方法と確

認方法

つぎに、本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムによる管理情報のデータから原因を追求する推測方法および確認方法について説明する。

【0095】〔1〕突発的に変化した要因を追求する方法

管理情報のデータから、設定されている制御量に対して変化した量と、制御項目とが確認できる。例えば、圧力1.2 Torrに設定した状態で、3秒間圧力が0.9 Torrに減圧した場合には、特性変化の原因を0.9 Torr状態の性質を持つ反応物が生成されたためであると推測できる。

【0096】〔2〕経時変化から要因を追求する方法
経時変化データに基づいて、傾向変動、循環変動を確認することにより、使用部材の劣化を発見できる。例えば、電力変動からは、電力損失を起こす部品の劣化が推測できる。

【0097】〔3〕時間的順序のシーケンスを管理する方法

例えば、N₂ ガスを流し始め、100 sccmにて安定した後、RF電力を印加するよう設定されているにもかかわらず、RF電力の印加開始時間が制御できず、N₂ ガスが流量安定へ向かう途中の50 sccmにてRF電力印加を行えば、N₂ ガス流量が50 sccmから100 sccmの不安定状態で不良品を製造することになる。この原因は、制御する要因の時間的順序が重要となるため、突発的な不良より確認が困難であり、常時データを蓄積しておく必要がある。

【0098】以上より、本実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムでは、以下の点が可能となる。

【0099】〔1〕製造装置が安定稼働しているか否かが確認できる

常時データを取り続けることで、製造装置9の安定度、変動度がデータにより確認できる。すなわち、どの要因が安定で、どの要因が不安定なのか識別し、不安定要因の絞り込みとプロセス変更から装置改造を行い、製造工程の安定稼働を維持することができる。

【0100】〔2〕突発的な不良の原因を解明できる
従来、突発的な不良の原因を十分に解明できず、生産優先で生産工程に復帰させていた。理由は突発的な不良の発生がランダムであり、また不良原因のデータが無い、有ってもイベント記録としてしか残っていないためである。

【0101】これに対して、上記の半導体製造装置の管理システムでは、波形データとして常時記録しておくことにより、突発的な不良の原因も即座に解明して対処できる。よって、製造装置9に原因を除去した調整・改良を施せば、高歩留まりを達成できる。

【0102】〔3〕生産コストを低下できる

従来、良品と不良品との識別は、検査工程において行っ

ていた。すなわち、検査工程までは良品と不良品とが混在した状態で製造工程が処理される。当然、その間に、洗浄水、薬液、ガスが使用され、製造装置9を動作させるために、電力、圧縮空気が使用される。つまり、不良品に対して、それらの資源を無駄に使用していた。

【0103】これに対して、上記の半導体製造装置の管理システムでは、リアルタイムで不良が発生した基板を特定し、除去することによって、不良品を次の工程に流さないため、生産コストを低下できる。

【0104】〔4〕経時変化データからメンテナンス時間を割り出し、最適効率の周期でメンテナンスを実施できる

生産性を向上させ、コストダウンするためには、製造装置9が直接生産に関与している時間を、稼働可能な合計時間に近づける必要がある。

【0105】製造装置9が稼働可能な合計時間は次式で表せる。

合計時間＝生産時間＋待ち時間＋品質管理時間＋メンテナンス時間＋トラブル対応時間

例えば、24時間稼働であれば、合計時間は次のようになる。

合計時間＝1440分

【0106】ここで、上記メンテナンス時間は、平均して1日に必要とする定期メンテナンス時間である。例えば、1週間に1回のメンテナンスを必要とし、1回につき12時間必要とするのであれば、メンテナンス時間は次のようになる。

メンテナンス時間＝12×60÷7＝103分

【0107】上記トラブル対応時間は、品質の問題や製造装置9の誤動作が発生した場合に、トラブルに対応するためのメンテナンスもしくは確認試験に費やされる時間である。ここでは、トラブル対応時間を仮に次のようにする。

トラブル対応時間＝210分

【0108】上記品質管理時間は製品の品質を管理するため、試験を行い、測定データに基づいて品質の管理のために費やされる時間である。例えば、3日に1回の頻度で、3時間必要であれば、品質管理時間は次のようになる。

品質管理時間＝3×60÷3＝60分

【0109】上記待ち時間は、平均的な搬送ロス時間、および非効率な処理手順から発生する時間である。つまり、搬送ロス時間は生産する物が無い状態、搬入搬出に時間を費やした状態、輸送する場所に空気が無いため輸送できない状態の時間を意味し、搬送ロス時間の間は製造装置9が待ち状態になる。また、処理時間に応じて設定された計画的な部材の配送が、前工程のトラブル発生によって狂った場合（生産品の流れをランダムにした場合）にも発生する。例えば、1時間に1生産品を処理する工程で、前工程がトラブル発生のため3時間停止し

た場合、それより下流の工程は3時間の待ち状態になる。また、3生産品が同時に搬入されても、2つの生産品は待ち状態に入るため、生産効率が悪化する。ここでは、待ち時間を仮に次のようにする。

$$\begin{aligned} & \text{生産時間} \\ & = \text{合計時間} - \text{待ち時間} - \text{品質管理時間} \\ & \quad - \text{メンテナンス時間} - \text{トラブル対応時間} \\ & = 1440\text{分} - 60\text{分} - 60\text{分} - 103\text{分} - 210\text{分} \\ & = 1007\text{分} \end{aligned}$$

【0111】すなわち、この1007分が製造装置9が生産に直接寄与できる時間である。そして、生産時間の1007分を合計時間の1440分に近づけることが、生産性向上となり、コストダウンになる。

【0112】ここで、上記待ち時間は、搬送問題および工場運用システムの問題を解決することによって短縮できる。

【0113】上記品質管理時間は、現状では必要であるが、別の手法を用いたモニタシステムによれば解決できることがわかっている。例えば、各工程後に検査工程を入れ、全数枚葉検査を実施することが、最も簡単な解決方法である。

【0114】上記メンテナンス時間は、製造装置9の改良により短縮することができるが、メンテナンス自体は必要である。現状では、試験運転もしくは生産運転にてデータを比較し、処理枚数、処理日数、処理電力等に基づいて設定されている。この点、上記の半導体製造装置の管理システムでは、効率的に常時データを取り続け、最適なメンテナンス時期を状況に応じて、設定することにより運用費用を低下させることができる。

【0115】上記トラブル対応時間は、解消が最も困難であり、従来、非効率的な手法で解決しているため、生産計画に重大な影響を与えている。その理由はトラブル発生時の連続的なデータが無いためである。従来、再現試験を行い、異常が発生しない場合は製造を再開していた。また、再現試験にて、異常が発生するが各センサデータに異常を発見できない場合は、メンテナンスを繰り返し行い、製造装置の動作が安定しており、品質検査の結果に問題がなければ、製造を再開していた。すなわち、従来は、トラブルの原因を解明しないまま、製造を継続していた。この点、上記の半導体製造装置の管理システムでは、経時変化データからメンテナンス時間を割り出し、最適効率の周期でメンテナンスを行うことができる。

$$\begin{aligned} & \text{1日のデータ量} \\ & = 2\text{byte} \times 16\text{データ} / 0.1\text{秒} \times 60\text{秒} \times 60\text{分} \times 24\text{時間} \\ & = 27\text{MB} \end{aligned}$$

【0123】さらに、データの保存期間が2～3ヶ月である場合、記憶装置に必要な容量は、次のようになる。 $27\text{MB} \times 60\text{日} \sim 27\text{MB} \times 90\text{日} = 1.62\text{GB} \sim 2.43\text{GB}$

待ち時間＝60分

【0110】以上より、製造装置9が直接生産に関与している生産時間は、次のようになる。

【0116】以上より、上記の半導体製造装置の管理システムでは、第一に、突発的な不良と劣化による不良との識別が可能となる。第二に、不良原因が解明できる。第三に、トラブル対応時間が短縮できるため、生産効率が向上する。

【0117】〔5〕生産中の枚葉管理が行える
上記の半導体製造装置の管理システムでは、生産中の枚葉管理が行えるため、工場管理システムで枚葉ごとの品質管理、装置管理、メンテナンス管理、不良解析管理が行える。

【0118】

【実施例】本発明に係る実施例として、本発明の半導体製造装置の管理システムを液晶基板製造工程に適用した例について、図10から図15に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0119】〔1〕管理システムの概要

①液晶基板製造工程における製造装置9および製造状況を確認するために、温度、湿度、濃度、圧力、ガス流量、電力、シーケンス電気信号、機械的電気的指示値などを検出するセンサを各製造装置9（図4）に設けて、各種波形データを常時計測する。

【0120】具体的には、成膜室圧力測定用2個、ガス流量測定用5個、RF電力測定用3個（進行波設定値、進行波、反射波）、バルブ開閉検知用1個、合計11個のセンサを製造装置9に設けて観測を行った。

【0121】②電気信号から波形データへの変換装置を用いて、分解能12bit、周期0.1秒でサンプリングを行った。なお、サンプリングの分解能は12bit～16bitで行えるが、12bit処理が能力的価格的に最適である。

【0122】そして、データ処理の都合上、12bitのデータを16bit（2byte）のレコードとして扱うとすると、サンプリング周期0.1秒、データ数16である場合、1日のデータ量は、次のようになる。

【0124】したがって、データ量は多ければ多いほどよいが、実際上は、2GBのデータ量を保存できる記憶装置で十分である。

【0125】③計測された各種波形データに基づいて、

波形データ同士の相互関係を調査し、総合管理を行う。第1に、時間軸から見て、波形の前後関係（シーケンス）を検討する。第2に、数値軸から見て、波形の安定値（変動値）を検討する。第3に、製造の繰り返しによる再現性を検討する。

【0126】よって、波形データの相互比較から最適な設定値を選択できる。ここで、最適な設定値とは、シーケンスタイミングを品質が安定するように確保した上で、生産量を最大にする設定値である。

【0127】〔2〕センサ信号波形のモニタ方法および製造装置の管理方法

TFT（thin film transistor）液晶基板製造工程において、真空系成膜装置（製造装置9）に配設したセンサ1のセンサ信号を常時監視するために、電気信号を検出し、電圧信号を監視量（成膜圧力、RF電力、ガス流量等）に変換して、センサ信号波形にグラフ化した。そして、得られたセンサ信号波形をモニタし、信号波形の立ち上げから立ち下げまでを管理する。

【0128】図10および図11に示すように、絶縁膜および半導体膜の成膜過程を監視して、絶縁膜成膜過程終了時点での制御シーケンスのばらつきを捕らえた。ここで、図10および図11における制御シーケンスのばらつきとは、RF電力およびガス流量が同時刻に変化するように設定されているにもかかわらず、製造装置9の制御系統が同時刻に変化するべき立ち下がり箇所において、ガス流量の立ち下がり変化がRF電力の立ち下がり変化より早く生じていることをいう。

【0129】ここで、図10では、RF電力が立ち下がる時、ガス流量は完全に立ち下がっておらず、ガスが流れている。これに対して、図11では、RF電力が立ち下がる時、ガス流量は完全に立ち下がっており、ガスがほとんど流れていない。よって、図11では、図10とはガス流量、ガスの混合比が異なった状態で成膜されるため、膜の上層に膜質の異なる膜が成膜されていることがわかる。

【0130】そして、図10および図11に示されるような制御シーケンスのばらつきを解消するために、例えば、図10の場合、RF電力の立ち下がり時間と、ガス流量の立ち下がり時間のばらつきのデータとから、次のようにシーケンス設定時間を求めることができる。

$$\begin{aligned} & \text{シーケンス設定時間} \\ & = \text{RF電力の立ち下がり} 1.1 \text{ 秒} \\ & \quad + \text{ガス流量の立ち下がりのばらつき} 0.3 \text{ 秒} \end{aligned}$$

【0131】すなわち、RF電力を遮断してから1.4秒以上経過後に、ガス流量を遮断するシーケンスを組み込めばよい。この点、生産タクトから考えれば、シーケンスは最小の1.4秒に設定することになる。なお、シーケンス設定の秒数は各製造装置9に固有であるため、製造装置9ごとに測定を行い、決定する。

【0132】図12は、上記のシーケンス変更を行う前のRF電力とガス流量との関係を示すグラフであり、ガス流量の立ち下がりとRF電力の立ち下がりとはばらついていることが確認できる。

【0133】これに対して、図13は、上記のシーケンス変更を行った後のRF電力とガス流量との関係を示すグラフであり、シーケンス変更によってRF電力とガス流量との関係が安定していることが確認できる。すなわち、シーケンス変更によって製造装置9によるばらつきを抑え、製品品質を向上させることができた。

【0134】このように、製造装置9のセンサ信号波形をモニタし、信号波形の立ち上げから立ち下げまでを管理してシーケンス設定を行うことにより、製造工程の不安定要因であるシーケンスのばらつきを解消することができた。

【0135】〔3〕CVD装置には、RF電力進行波センサ、ガス流量センサ、成膜室圧力センサを配設する液晶基板製造工程において、CVD（chemical vapor deposition）装置を電氣的制御波形信号によって監視する場合、立ち下げ時の波形データを監視するには、RF電力進行波センサ、ガス流量センサ、成膜室圧力センサを設けるだけでよい。

【0136】これにより、CVD装置のセンサ信号をモニタし、信号の波形データの立ち下がり時を確認した。そして、RF電力、ガス流量、成膜圧力に基づいて、絶縁膜成膜の立ち下がり時のシーケンスのばらつきが確認できた。

【0137】上述したように、シーケンス変更を行う前には、ガス流量の立ち下がりとRF電力の立ち下がりとはばらついていることが確認された（図12）。これに対して、シーケンス変更を行った後には、RF電力とガス流量との関係が安定していることが確認された（図13）。すなわち、シーケンス変更によって製造装置9によるばらつきを抑え、製品品質を向上させることができた。

【0138】このように、液晶基板製造工程において、CVD装置を電氣的制御波形信号によって監視する場合、立ち下げ時の波形データを監視するには、RF電力進行波センサ、ガス流量センサ、成膜室圧力センサを設けるだけで十分であり、製造装置9のセンサ信号波形をモニタし、信号波形の立ち上げから立ち下げまでを管理してシーケンス設定を行うことにより、製造工程の不安定要因であるシーケンスのばらつきを解消することができた。

【0139】〔4〕プロセス状態モニタリング

①CVD装置プロセス状態モニタリング状況

本発明の半導体製造装置の管理システムは、CVD装置におけるゲート絶縁層（GI（gate insulator）層）および真性半導体層（i層；intrinsic semiconductor）の成膜室のプロセス状態モニタとして好適である。すな

わち、膜質等に影響を与えるRF電力、成膜圧力、各ガス流量の過渡的変化、定常時の安定性・制御タイミングばらつき等を継続してデータ蓄積し、プロセス制御状態の安定性を確認しながら制御タイミングを最適化する解析ツールとして有効である。なお、ゲート絶縁層とは、ゲートを絶縁するために形成される層である。また、真性半導体層とは、キャリアにより、電流のON/OFF制御に使われる半導体層である。

【0140】図14に、ゲート絶縁層・真性半導体層成膜時のRF電力、成膜圧力、 SiH_4 ガス流量変化モニタの例を示す。

【0141】②ゲート絶縁層・真性半導体層成膜開始時の N_2 ガス導入から、RF電力ONまでの安定性解析
図15に示すように、 N_2 ガスが供給されてから設定圧力に安定するまでの時間、すなわち、 N_2 ガス供給により成膜室圧力が急激に変動した時間および自動圧力制御（APC）により設定圧力に安定するまでの時間の合計は7.5秒であった。なお、この時間の最大値は8.8秒であった。

【0142】また、 SiH_4 ガスが流れ始めた時点で生じた成膜室圧力の変動が安定状態に復帰するまでの時間は1.8秒であった。なお、この時間の最大値は2秒であった。

【0143】ここで、本実施例では、上記の各シーケンスの状態安定までの時間の最大値（最大時間）を、16個のデータに基づいて決定した。しかし、上記最大時間の決定方法はこれに限定されず、適宜選択することができる。例えば、分析するデータの個数を16個の他、50個、100個、あるいは1日のデータ数、数カ月間のデータ数とすることができる。

【0144】そして、上記の測定結果に基づいて過渡応答を検討する。すなわち、安定性や時間短縮の観点から、制御方法や応答関数を検討して、例えば、フィードバックの関数の次数や係数を調整することができる。これにより、過渡応答においても生産時間を短縮することができるため、生産効率をより向上させることが可能となる。

【0145】図15に示すとおり、CVD装置について、成膜開始時のプロセスガス供給量安定化のタイミングとRF電力ONのタイミングとを解析すると、実際の SiH_4 ガス導入後の安定化時間を成膜室圧力の変動時間とみなせば、ゲート絶縁層・真性半導体層成膜時の N_2 ・ SiH_4 ガス供給安定後、RF電力をONできていることが確認できた。

【0146】③ゲート絶縁層・真性半導体層成膜時のプロセス状態モニタデータ
ゲート絶縁層・真性半導体層成膜開始時のRF電力、 SiH_4 ガス流量OFFの制御タイミングのばらつきが確認されたため、RF電力OFF後、 SiH_4 ガスを安定して停止させるシーケンスによる効果を確認できた。

【0147】なお、上記の実施の形態および実施例は、本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の範囲内で種々の変更が可能である。

【0148】

【発明の効果】以上のように、本発明の半導体製造装置の管理システムは、上記の課題を解決するために、半導体の製造工程ラインに設けられた製造装置から管理情報を常時収集するセンサと、該センサによって収集された管理情報を時系列の測定値パターンとして監視するとともに、該測定値パターンと該管理情報に応じて予め登録されている設定値パターンとを比較する監視手段と、該監視手段での比較の結果、該測定値パターンの該設定値パターンからの逸脱が検出された場合、異常の発生を提示する警報手段とを備えている構成である。

【0149】それゆえ、上記半導体製造装置の管理システムでは、センサの測定値を時系列の波形データとして常時監視することから、突発的な不良に対して、発生の確認、発生原因、発生時刻、他の要因との関係性、発生確率、発生条件の分布などをデータに基づいて推測することができる。よって、突発的な不良にも、原因を即座に解明して対処することができる。

【0150】したがって、製造装置のセンサデータを用いて、効率的に低コスト生産への解析手法を提示することができる。よって、製造装置に原因を除去する調整・改良を施せば、製造工程ラインの安定稼働が可能となり、高歩留まりを達成できるという効果を奏する。

【0151】すなわち、本発明の半導体製造装置の管理システムによれば、製造工程ラインがインラインモニタ技術を用いてプロセス状態データに基づき管理されるため、製造される半導体デバイスの品質管理として、突発的に生じた不良ならびにその発生原因を解明することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図4に示す半導体製造装置の管理システムに設けられるモニタ装置の構成の概略を示すブロック図である。

【図2】図4に示す半導体製造装置の管理システムに設けられる他のモニタ装置の構成の概略を示すブロック図である。

【図3】図4に示す半導体製造装置の管理システムに設けられるさらに他のモニタ装置の構成の概略を示すブロック図である。

【図4】本発明の一実施の形態に係る半導体製造装置の管理システムの構成の概略を示すブロック図である。

【図5】図4に示す半導体製造装置の管理システムで行われるシーケンス制御の説明図である。

【図6】図4に示す半導体製造装置の管理システムで行われる常時監視の上限下限設定値による管理の説明図である。

【図7】図4に示す半導体製造装置の管理システムで行

われるシーケンス管理の説明図であって、図7 (a) は理論的シーケンス波形であり、図7 (b) は測定値波形である。

【図8】図4に示す半導体製造装置の管理システムで行われるシーケンス管理の説明図であって、図8 (a) は理論的シーケンス波形であり、図8 (b) は測定値波形である。

【図9】図4に示す半導体製造装置の管理システムで行われる経時変化データに基づく管理の説明図であって、図9 (a) は設定値であり、図9 (b) は測定値である。

【図10】図4に示す半導体製造装置の管理システムを液晶基板の製造工程ラインに適用した一実施例の説明図であって、真空系成膜装置における絶縁膜および半導体膜の成膜過程の測定値を示すグラフである。

【図11】図4に示す半導体製造装置の管理システムを液晶基板の製造工程ラインに適用した一実施例の説明図であって、真空系成膜装置における絶縁膜および半導体膜の成膜過程の測定値を示すグラフである。

【図12】図4に示す半導体製造装置の管理システムを液晶基板の製造工程ラインに適用した一実施例の説明図であり、真空系成膜装置における絶縁膜および半導体膜の成膜過程のシーケンス変更前のRF電流とガス流量との関係を示すグラフである。

【図13】図4に示す半導体製造装置の管理システムを

液晶基板の製造工程ラインに適用した一実施例の説明図であって、真空系成膜装置における絶縁膜および半導体膜の成膜過程のシーケンス変更後のRF電流とガス流量との関係を示すグラフである。

【図14】図4に示す半導体製造装置の管理システムを液晶基板の製造工程ラインに適用した他の実施例の説明図であって、CVD装置によるゲート絶縁層・真性半導体層成膜時のRF電力・圧力・ SiH_4 ガス流量の測定値を示すグラフである。

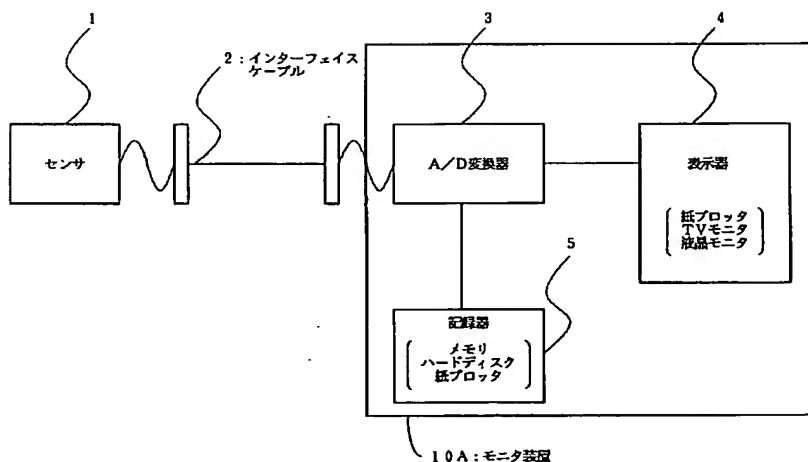
【図15】図4に示す半導体製造装置の管理システムを液晶基板の製造工程ラインに適用した他の実施例の説明図であって、CVD装置によるゲート絶縁層・真性半導体層成膜開始時の N_2 ガス導入からRF電力ONまでの安定性解析を示すグラフである。

【図16】従来の技術に係る半導体製造装置の管理システムで行われる上限下限設定値による管理の説明図である。

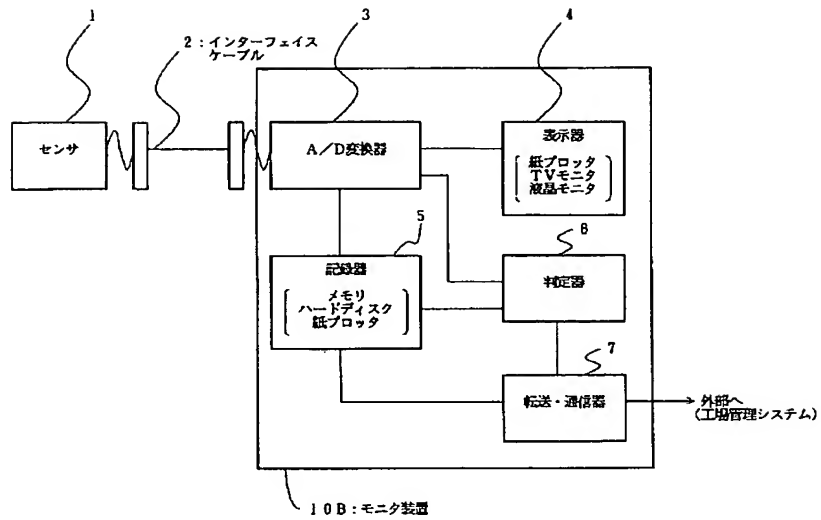
【符号の説明】

- 1 センサ
- 6 判定器 (監視手段)
- 8 指令発生器 (警報手段, 製造不良品特定手段, 指令発生手段, 不安定要因提示手段, メンテナンス警報提示手段, 第2指令発生手段)
- 9 製造装置
- 13 管理計算機 (製造工程ライン管理手段)

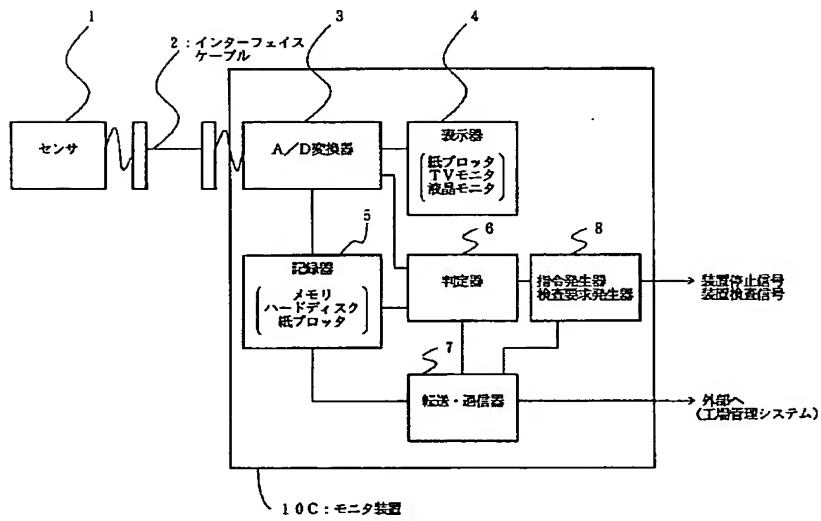
【図1】

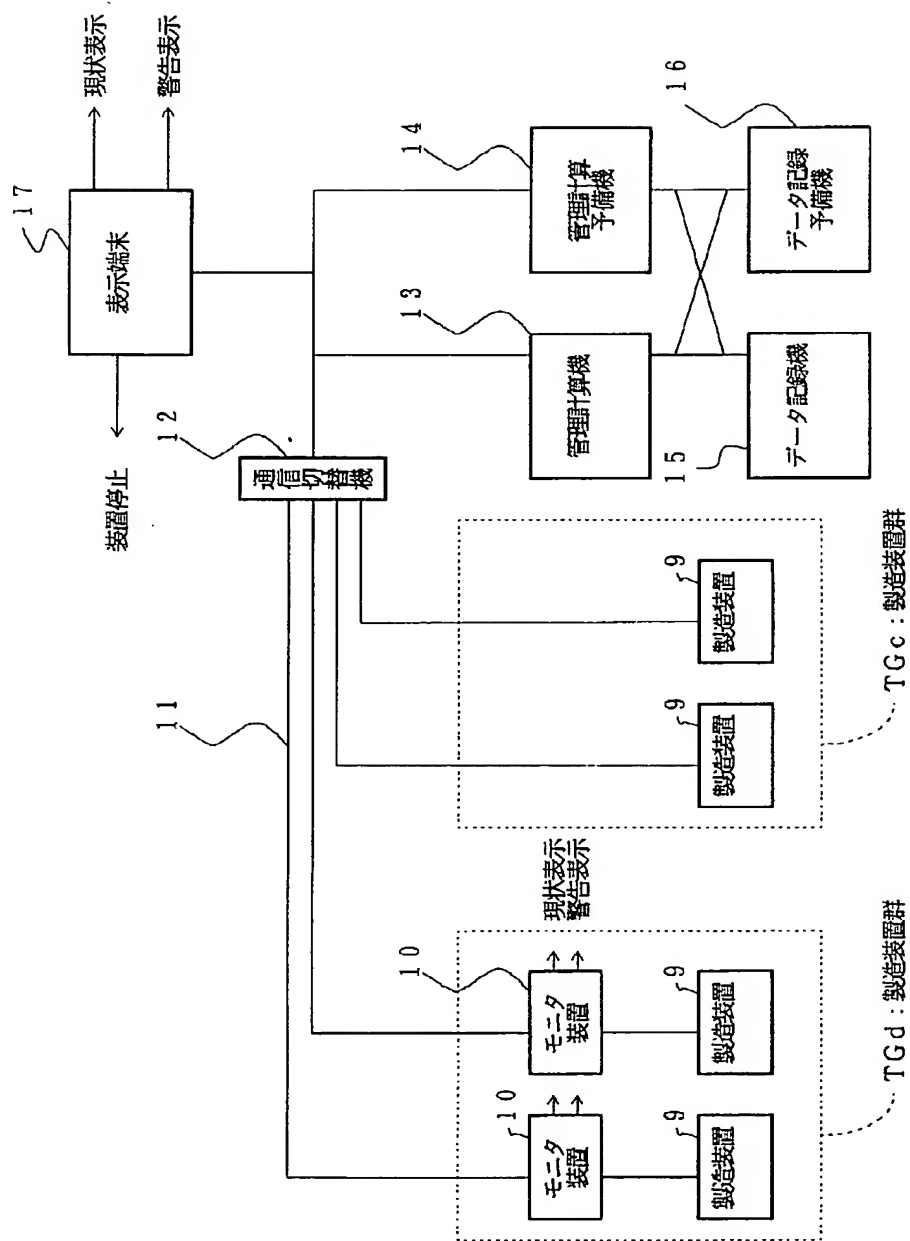


【図2】



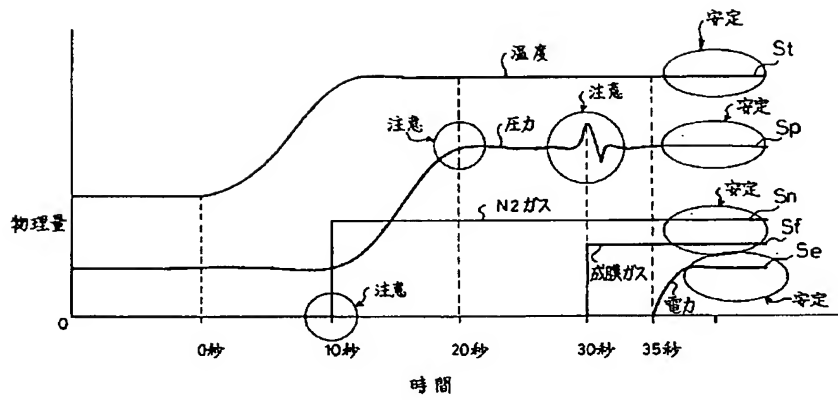
【図3】



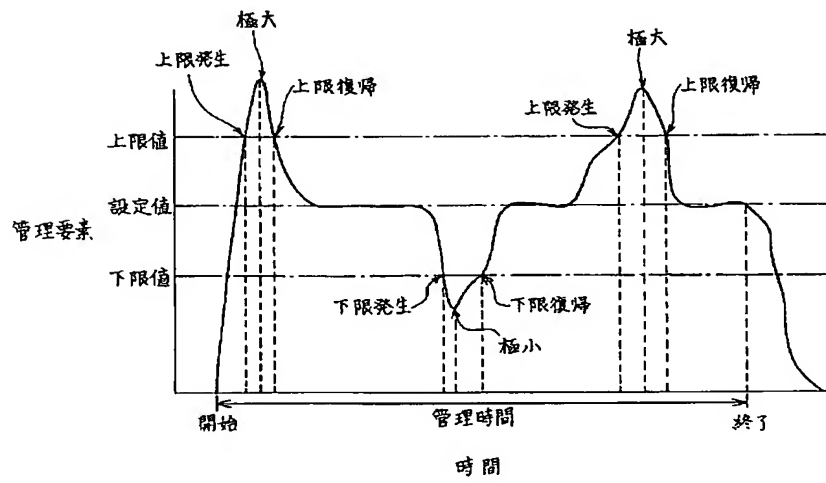


【図4】

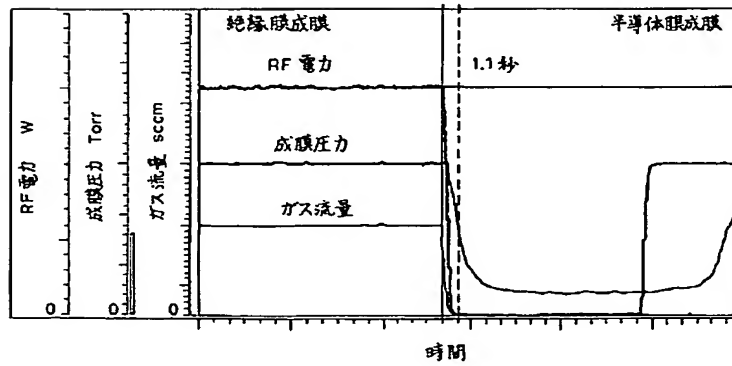
【図5】



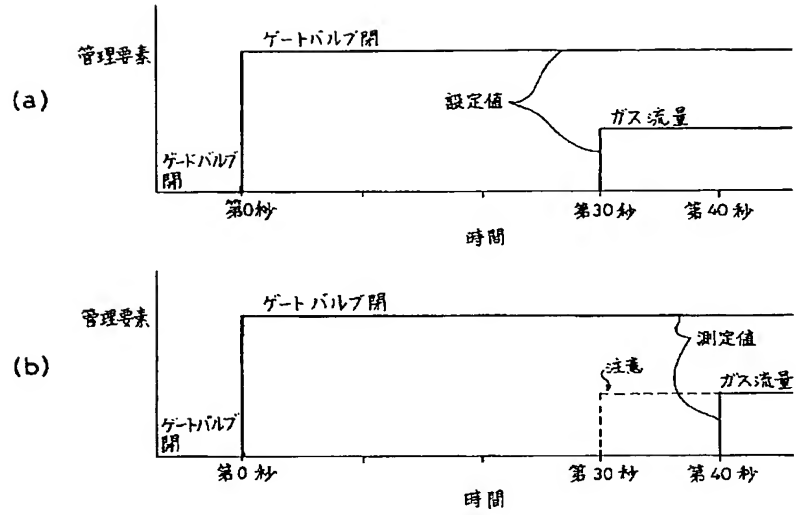
【図6】



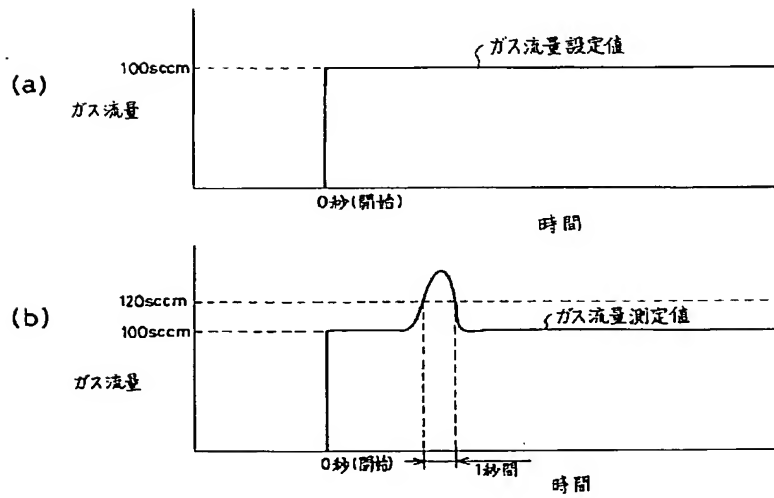
【図10】



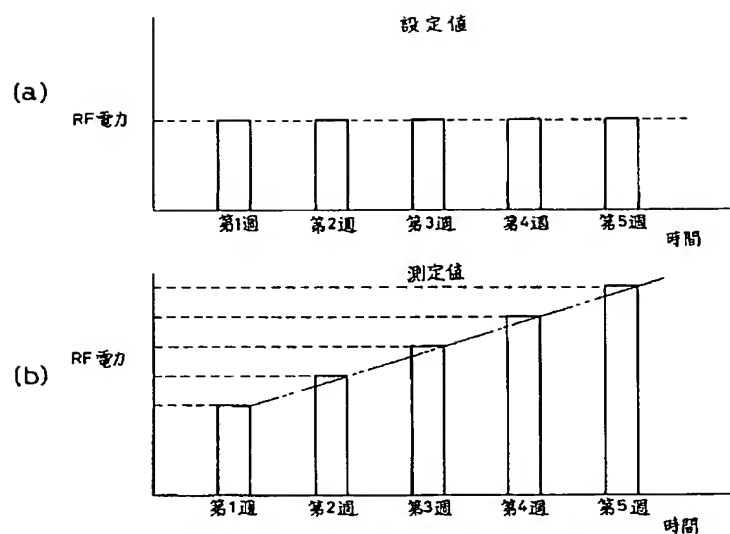
【図7】



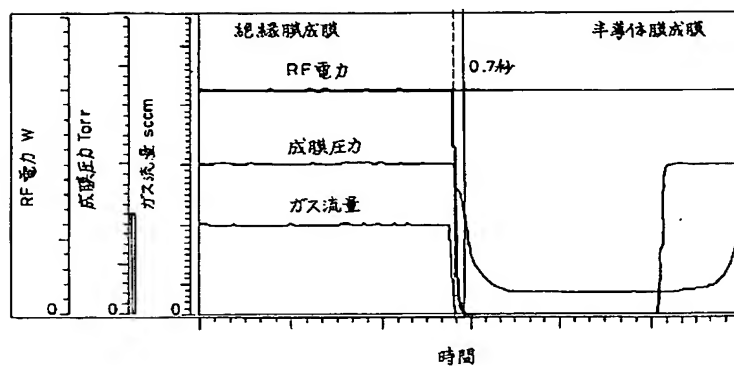
【図8】



【図9】



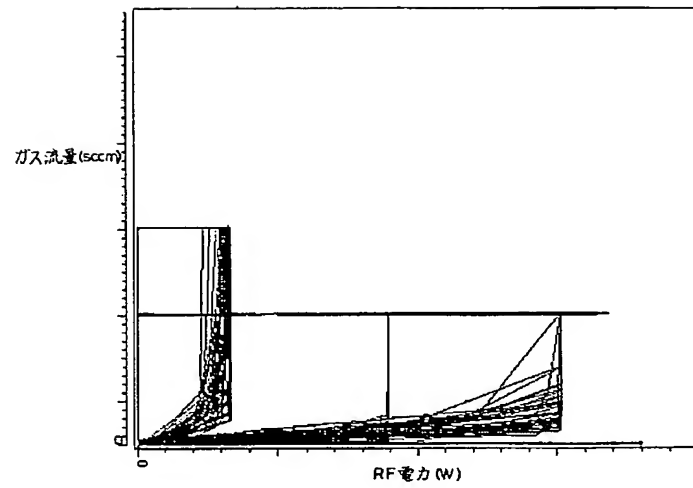
【図11】



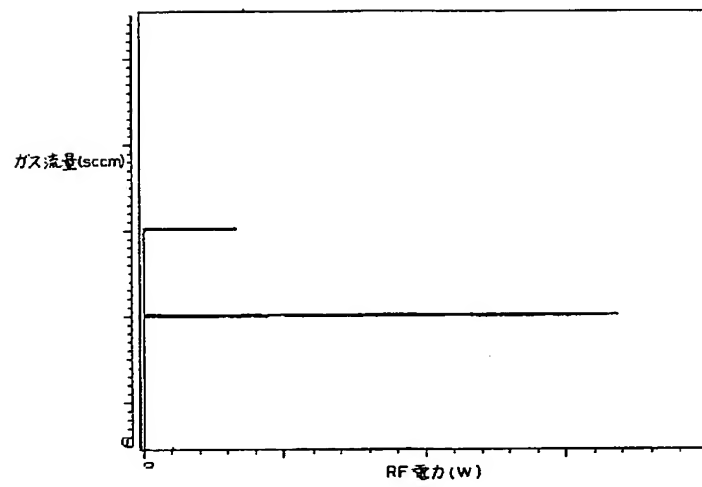
【図16】

発生日時	発生項目	測定値
1月2日3時4分5秒	RF電力 上限発生	1100W (設定値1000W, 上限値1100W)
4分6秒	RF電力 極大発生	1200W
4分7秒	RF電力 上限復帰	1100W (上限値1100W)
8分9秒	RF電力 下限発生	900W (設定値1000W, 上限値900W)
8分10秒	RF電力 極小発生	800W
8分11秒	RF電力 下限復帰	900W (設定値900W)
20分3秒	RF電力 上限発生	1100W (設定値1000W, 上限値1100W)
20分4秒	RF電力 極大発生	1170W
20分7秒	RF電力 上限復帰	1100W (上限値1100W)

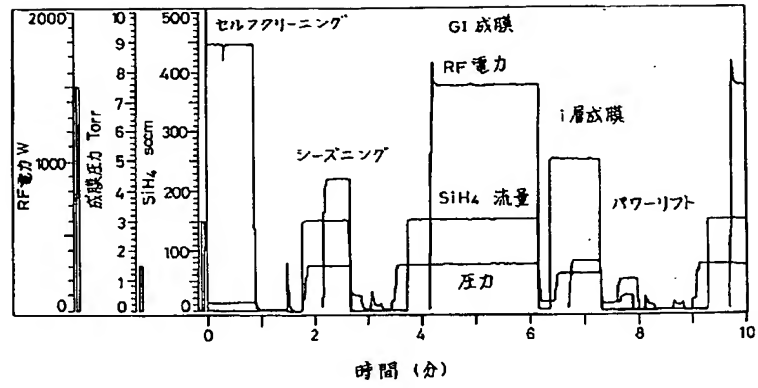
【図 1 2】



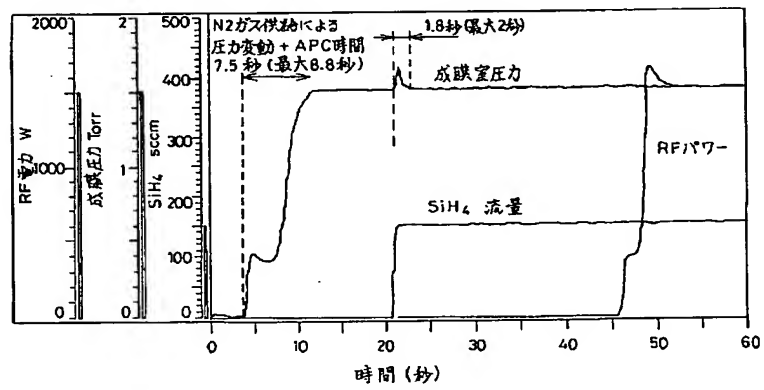
【図 1 3】



【図14】



【図15】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.